

## Densitat i contingut de nutrients de les branques de faig durant el procés de descomposició

Carles Castell

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Universitat Autònoma de Barcelona.  
08193 Bellaterra (Barcelona).

**Key words:** *Fagus sylvatica*, Montseny, nutrient contents, weight loss, wood decay.

**Abstract.** *Density and nutrient content in beech branches during the decay process.* Wood density and nutrient contents have been measured in beech branches at different decay states, from dated thinnings. Wood density declined continuously, with a greater weight loss from 9 till 12 years since cutting. Concentrations of P, K and Mg declined during the process, but N and Ca increased. Nevertheless, absolute contents at 12 years were lesser than initial ones, for all nutrients.

**Resum.** A partir de branques de faig datades, procedents de tales, s'ha mesurat la densitat i els continguts de nutrients de la fusta al llarg del procés de descomposició. Hi ha una disminució continuada de la densitat, amb una major pèrdua de pes a partir dels 9 anys. Les concentracions de P, K i Mg disminueixen al llarg del procés, mentre que augmenten les de N i Ca. Tanmateix, el contingut de tots els nutrients és menor a la fusta de 12 anys que a la fusta sense descompondre.

### Introducció

El procés de descomposició de la virosta acumulada a la superfície del sòl allibera els nutrients continguts en els materials orgànics, que podran ser reutilitzats pels vegetals, reprenent el cicle productiu. El coneixement d'aquest procés és essencial per a comprendre el funcionalisme d'un bosc, ja que la seva dinàmica condiona, en bona part, la dinàmica de tot el sistema.

Verdú (1984) analitzà la dinàmica de la descomposició de les fulles i de la fracció fina de les branques a l'alzinar, fageda i avetosa del Montseny (Barcelona), i quantificà l'aportació de nutrients que representa la caiguda de virosta. Franch (1985) s'ocupà de la descomposició de les soques en pinedes de Jaca (Pirineu aragonès), des del punt de vista de la dinàmica de nutrients, i de la successió de descomponedors que colonitzen les soques. El present estudi se centra en la descomposició de la fracció gruixuda de les branques de faig. D'una banda, hem determinat el grau de descomposició de les branques segons la densitat de la fusta (Christensen 1984) i, de l'altra, hem avaluat el contingut de nutrients que presenta la fusta a diferents fases del procés de descomposició.

En boscos sotmesos a un règim d'explotació per tala, com la fageda del present estudi, l'eventual retirada de les restes de tala representa un empobriement addicional del sistema. Per tal d'avaluar això, hem quantificat l'aportació de matèria orgànica i nutrients que representen les branques produïdes a les tales que es realitzen en fagedes del Montseny.

### Àrea d'estudi

Les parcel·les mostrejades es troben al vessant NE del pic de Les Agudes (Montseny, Barcelona). Les altituds varien des de 1180 i 1280 m, i les orientacions són N-NE-E. Aquestes fagedes són aprofitades pel sistema de bosc alt irregular, anomenat també ajardinat, amb un torn de tala de 25-30 anys i una rotació de 100-110 anys. La vegetació de les parcel·les correspon a l'*Helleboro-Fagetum*, excepte a les dues de més altitud on trobem *Luzulo-Fagetum* (Bolòs 1983). Durant l'interval estudiat (1973-1984), la pluviositat i temperatura mitjanes al cim del Montseny foren de 1086 mm i 6.5 °C, valors normals de la zona si els comparem amb els 1045 mm de pluviositat mitjana i els 6.5 °C de temperatura mitjana durant el període 1941-1984.

### Material i mètodes

El mostratge es va realitzar a l'estiu de 1985. Es recolliren branques en quatre parcel·les, talades per darrera vegada els anys 1973, 1975, 1976 i 1982, respectivament. No es va trobar material procedent de tales anteriors al 1973 en diversos mostrejos realitzats a parcel·les talades abans d'aquest any.

A cada parcel·la es van recollir 15 branques: 5 d'1 a 3 cm de diàmetre basal, 5 de 3 a 5 cm, i 5 de 5 a 7 cm. Es van agafar 15 mostres més procedents d'una parcel·la acabada de talar, que representen l'estat inicial del procés de descomposició. Per tal d'homogeneitzar les condicions de descomposició, en tots els casos es van triar branques que es trobessin en contacte amb la virosta, però no enterrades en ella.

Tant per a l'estima de la densitat com per a l'anàlisi de nutrients, es va treure l'escorça de les mostres donat que, a mida que augmentava l'estat de descomposició de la fusta, disminuïa la proporció d'escorça.

La mesura del volum s'ha realitzat enrasant la mostra amb pols (Franch 1985). Posteriorment, es posava a l'estufa a 80 °C fins a pesada constant per obtenir el pes sec. Les unitats de densitat utilitzades han estat g (de pes sec) cm<sup>-3</sup>.

El nitrogen es va analitzar pel mètode Kjeldahl (Bremner 1960); el fòsfor pel mètode Kitsin-Mellon, el potassi per fotometria d'emissió a la flama, i el calci i el magnesi per absorció atòmica (Allen et al. 1974). Les lectures de les anàlisis de cations es realitzaren al Servei d'Espectroscòpia de la Universitat de Barcelona.

Aquestes anàlisis ens van donar la concentració en  $\text{mg g}^{-1}$  (en pes sec de mostra). En donar-se una pèrdua de pes al llarg de la descomposició, l'augment de la concentració d'un element pot ser deguda a un guany absolut d'aquest element, o també a una pèrdua relativament menor a la pèrdua de pes. Per tal de conèixer si hi ha un guany o una pèrdua neta d'un element, cal definir una nova variable: contingut. Aquesta variable l'hem obtinguda multiplicant la concentració de l'element en  $\text{mg g}^{-1}$  per la densitat en  $\text{g cm}^{-3}$ . El contingut, per tant, ens ve donat en  $\text{mg cm}^{-3}$ .

## Resultats i discussió

### Densitat

Realitzant un test d'anàlisi de la variància de dues vies, prenent l'edat i el diàmetre de la branca com a factors principals, i la densitat com a variable dependent, hem trobat una relació significativa ( $P < 0.001$ ) entre edat i densitat. En canvi no hi ha relació significativa entre el diàmetre i la densitat ni entre la interacció edat-diàmetre i densitat ( $P > 0.05$ ); degut a aquesta no significació del diàmetre, els resultats que a continuació exposem són la mitjana de les tres classes de diàmetre, és a dir, només hem considerat la variable edat.

La mitjana i error estàndard de la densitat, per a cada edat, es troben a la Taula 1. Hi ha una pèrdua continuada de pes durant tot el procés, amb un major pendent a partir dels 9 anys, que és quan es fa més patent l'atac de la fusta per part dels invertebrats (Fig. 1). Malgrat aquests canvis de pendent, s'ajusta bé a una regressió lineal ( $r = 0.986$ ). Per tal de trobar la taxa de descomposició ( $k$ ), es calcula la correlació existent entre el logaritme neperià del pes que roman (en tant per 1) i l'edat (anys), i s'obté la següent equació:

$$\ln y = 0.039 - 0.061 \times \text{edat} \quad r = 0.960,$$

on 0.061 és la taxa de descomposició.

Taula 1. Densitat mitjana i error estàndard de la fusta de faig segons l'edat (branques d'1 a 7 cm de diàmetre). Les dades corresponen a fusta sense escorça ( $n = 15$  per cada classe d'edat), i es donen en pes sec.

Edat (anys)	Densitat ( $\text{g cm}^{-3}$ )
0	$0.595 \pm 0.023$
3	$0.512 \pm 0.047$
9	$0.396 \pm 0.062$
10	$0.354 \pm 0.039$
12	$0.261 \pm 0.024$

No hem trobat, a la bibliografia consultada, taxes de descomposició corresponents a branques de faig. A la Taula 2 es troben les taxes de descomposició corresponents a diferents espècies. La taxa de descomposició de les branques de faig és semblant a la de *Rhododendron maximum*, *Pinus rigida*, *Quercus alba* i *Quercus robur*. Tanmateix, s'ha de tenir en compte que el clima de les localitats on s'han realitzat els estudis de la Taula 2 (Carolina del Nord (USA) i Cumbria (Gran Bretanya)), amb unes precipitacions força elevades i unes temperatures mitjanes temperades, pot donar lloc a unes taxes de descomposició superiors a les que es poden donar al Montseny.

Al Montseny, als 12 anys ja s'ha perdut el 56% del pes inicial i tot just es conserva l'estructura de la fusta, minada per larves de coleòpters. Aquesta pèrdua de pes és superior a les trobades per Harmon et al. (1986) en branques de diferents espècies de coníferes; és probable que la presència de resines retardi la descomposició.

Pels mostratges realitzats en parcel·les talades fa 21 anys, se sap que ja no hi ha restes senceres de fusta d'aquesta edat. Tanmateix, tant per la dinàmica de la pèrdua de pes com per l'estructura de la fusta als 12 anys, pensem que la particulació total de la fusta es pot produir al voltant dels 15 anys.

La disminució de la densitat es correspon amb uns canvis clars en l'aspecte extern de la fusta. Així, als 3 anys no ha estat encara atacada, aparentment, pels invertebrats i conserva gairebé intacta l'escorça. Als 9 anys, la baixa densitat de la fusta és deguda als túnels fets per les larves de coleòpters, i s'ha perdut gran part de l'escorça. Als 12 anys ja no queden restes d'escorça i la fusta es desfà a la mínima pressió.

Taula 2. Velocitat de descomposició de les branques de diferents espècies, expressada per la taxa exponencial de pèrdua de densitat ( $k$ ).

Espècie	Diàmetre mitjà (cm)	$k$ (any <sup>-1</sup> )
<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Can. <sup>a</sup>	7.6	0.024
<i>Castanea dentata</i> (Marsh) Burkh. <sup>a</sup>	7.6	0.041
<i>Rhododendron maximum</i> L. <sup>a</sup>	6.0	0.059
<i>Fagus sylvatica</i> L. <sup>c</sup>	4.0	0.061
<i>Pinus rigida</i> Mill. <sup>a</sup>	6.9	0.063
<i>Quercus alba</i> L. <sup>a</sup>	11.4	0.063
<i>Quercus robur</i> L. <sup>b</sup>	> 2	0.067
<i>Liriodendron tulipifera</i> L. <sup>a</sup>	6.4	0.107
<i>Cornus florida</i> L. <sup>a</sup>	6.3	0.125
<i>Betula pendula</i> Roth. <sup>b</sup>	> 2	0.148
<i>Fraxinus excelsior</i> L. <sup>b</sup>	> 2	0.165
<i>Corylus avellana</i> L. <sup>b</sup>	> 2	0.280

<sup>a</sup> Mattson et al. (1987), Carolina del Nord (USA).

<sup>b</sup> Swift et al. (1976), Cumbria (Anglaterra).

<sup>c</sup> Aquest estudi.

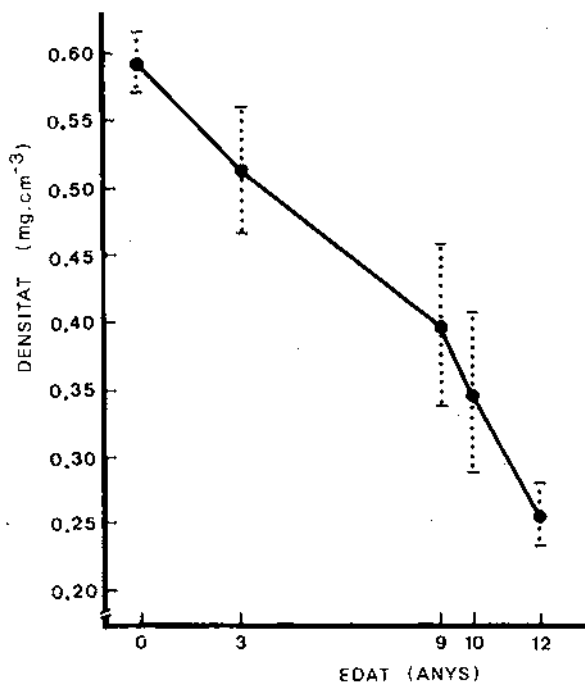


Figura 1. Variació de la densitat de les branques de faig al llarg de la descomposició. Les barres verticals representen l'error estàndard.

### Nutrients

#### Efecte de l'edat

L'anàlisi de la variància assenyalava una relació significativa ( $P < 0.05$ ) entre l'edat i les concentracions i continguts de tots els nutrients, excepte per a la concentració de P i Mg. Aquests dos elements són els que menys varien la seva concentració al llarg de la descomposició. Les mitjanes i error estàndard de les concentracions i continguts de nutrients es troben a les Taules 3 i 4 respectivament.

Hi ha una pèrdua de contingut a tots els elements comparant l'edat 0 i l'edat 12 (Fig. 2). En canvi, hi ha un augment, en relació amb la pèrdua de pes, de les concentracions de N i Ca mentre que disminueixen les de P, K i Mg (Fig. 3). Una altra característica és el canvi de tendències que es produeix a partir dels 9 anys. Així, trobem que N, P, K i Mg, que anaven disminuint la seva concentració, passen a augmentar-la o a mantenir-la constant; en canvi, la concentració de Ca pateix una forta davallada després d'haver anat augmentant fins als 9 anys. Analitzarem els factors que poden originar aquestes fluctuacions.

Taula 3. Concentració mitjana i error estàndard de nutrients en fusta de branques de faig segons el temps que fa que han estat tallades (en  $\text{mg g}^{-1}$  de pes sec).

Edat (anys)	P	Mg	K	Ca	N
0	$0.289 \pm 0.102$	$0.335 \pm 0.094$	$0.997 \pm 0.150$	$0.837 \pm 0.098$	$2.047 \pm 0.371$
3	$0.254 \pm 0.072$	$0.326 \pm 0.049$	$0.745 \pm 0.136$	$1.291 \pm 0.248$	$2.677 \pm 0.358$
9	$0.192 \pm 0.038$	$0.304 \pm 0.077$	$0.325 \pm 0.074$	$1.934 \pm 0.549$	$2.241 \pm 0.372$
10	$0.218 \pm 0.028$	$0.280 \pm 0.066$	$0.419 \pm 0.174$	$1.712 \pm 0.356$	$2.366 \pm 0.211$
12	$0.233 \pm 0.052$	$0.272 \pm 0.073$	$0.367 \pm 0.063$	$1.649 \pm 0.290$	$3.380 \pm 1.134$

Taula 4. Contingut mitjà i error estàndard de nutrients en fusta de branques de faig segons el temps que fa que han estat tallades (en  $\text{mg cm}^{-3}$  de pes sec).

Edat (anys)	P	Mg	K	Ca	N
0	$0.178 \pm 0.075$	$0.206 \pm 0.075$	$0.600 \pm 0.119$	$0.503 \pm 0.072$	$1.246 \pm 0.331$
3	$0.124 \pm 0.021$	$0.168 \pm 0.030$	$0.380 \pm 0.067$	$0.665 \pm 0.151$	$1.382 \pm 0.244$
9	$0.080 \pm 0.023$	$0.119 \pm 0.025$	$0.133 \pm 0.040$	$0.735 \pm 0.143$	$0.891 \pm 0.164$
10	$0.084 \pm 0.025$	$0.106 \pm 0.031$	$0.163 \pm 0.095$	$0.631 \pm 0.138$	$0.891 \pm 0.154$
12	$0.061 \pm 0.017$	$0.073 \pm 0.024$	$0.096 \pm 0.025$	$0.434 \pm 0.101$	$0.840 \pm 0.211$

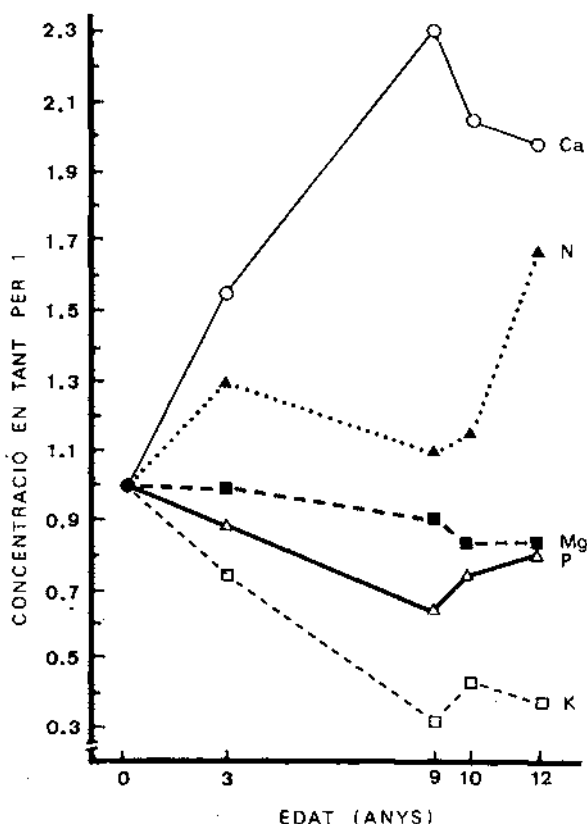


Figura 2. Variació de les concentracions de N, P, K, Ca i Mg durant la descomposició de les branques de faig, respecte a les concentracions inicials de cada element.

El contingut d'un element dependrà del contingut inicial de la fusta i del balanç entre les entrades i sortides de l'element. Les fonts d'un element són: l'incorporat per aigua de pluja i caiguda de virosta (Grier 1978) i per translocació de les fonts adjacents com poden ser el sòl i la virosta (Swift 1977a); les exportacions són degudes a la lixiviació, a les larves que un cop realitzada la metamorfosi deixen la fusta on s'han alimentat, a depredadors i a la formació dels cossos fructífers dels fongs (Swift 1977a). En el cas del nitrogen, és especialment important la importació per excrements i restes d'animals que s'han alimentat fora de la branca en descomposició, i pel nitrogen atmosfèric fixat per simbionts intestinals de certes larves (Fager 1968); també és possible que hi hagi una exportació de nitrogen per desnitrificació (Swift 1977a).

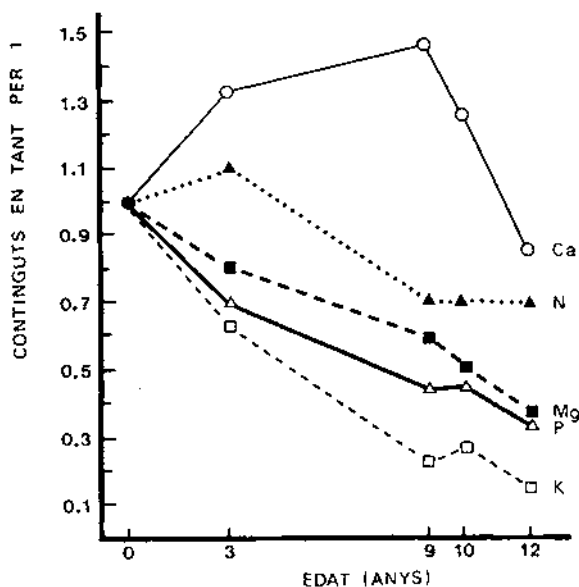


Figura 3. Variació dels continguts de N, P, K, Ca i Mg durant la descomposició de les branques de faig, respecte als continguts inicials de cada element.

Si ens centrem en les primeres fases del procés (de 0 a 3 anys), mentre no hi ha emergència d'invertebrats, els factors més importants que intervenen són la lixiviació i l'atac per fongs. Així, les variacions en el contingut de nutrients resulten bàsicament del balanç entre l'entrada per aigua de pluja i caiguda de virosta, i la sortida per lixiviació; principalment pel N, cal considerar també la possibilitat d'entrada per translocació fúngica i sortida per formació de cossos fructífers. La lixiviació afectaria els cations, principalment el potassi, i en menor grau el magnesi; el calci no es veuria gaire afectat per aquest procés en trobar-se a les parets cel·lulars en forma de quelats poc lixiviables. La demanda fúngica afectaria principalment el N i el P. Com a resultat d'aquests processos, es produeix una pèrdua de P i K major a la pèrdua de pes, amb la qual davallarà la seva concentració i el seu contingut. El contingut de Mg disminueix a una velocitat semblant a la pèrdua de pes, amb la qual la seva concentració roman gairebé constant. Les fonts suplementàries de N i la major entrada que sortida de Ca fan que aquests dos nutrients augmentin el contingut i, per tant, la concentració.

Als 9 anys, trobem que la fusta ha estat ja envaïda per invertebrats, principalment larves de coleòpter. Aquest fet afectaria sobretot el contingut de N, que entre els 3 i 9 anys disminueix més ràpidament que el pes sec i en fa



davallar la concentració. Això pot ser degut a la forta demanda que comporta l'alimentació d'aquestes larves que després migraran, tot produint-se una exportació de N.

A la darrera part del procés, a partir dels 9 anys, els continguts s'estabilitzen o disminueixen a menys velocitat, excepte el de Ca que presenta un fort descens. S'ha comprovat que a molt baixos continguts de nutrients hi ha un gran aprofitament per reciclatge a les parts mortes dels micelis fúngics, i per hàbits dels invertebrats com la coprofàgia (Swift 1977b). Així, es pot mantenir una biomassa fúngica i animal sense que això representi una gran exportació de nutrients. Com que es manté el ritme de pèrdua de pes sec, la concentració de nutrients es manté relativament constant, o fins i tot pot augmentar.

Pel que fa al descens de la concentració i contingut de Ca, Grier (1978) comprovà que la concentració de Ca en soques de *Tsuga heterophylla* presenta un pic als 15-20 anys, per disminuir després fins que, als 40 anys, presenta la mateixa concentració que al començament del procés. En branques hem constatat aquest pic als 9 anys, i als 12 presenta ja un contingut inferior a l'inicial. Donat que la descomposició en branques és molt més ràpida que en soques, no és estrany doncs que aquest tipus de fenòmens també es donin abans. Com que als 9 anys el grau de descomposició és elevat, pensem que pot haver augmentat la sensibilitat a la lixiviació dels quelats que forma el Ca a les parets cel·lulars.

### Efecte de la interacció edat-diàmetre

L'anàlisi de la variància també mostra una relació significativa ( $P < 0.05$ ) entre el contingut de P, Mg, K i la interacció edat-diàmetre (i no significativa entre aquests continguts i el diàmetre).

L'efecte del diàmetre es dona a través de dues vies; per una part, la fusta més prima presenta una major relació superfície-volum que la gruixuda. Això fa que sigui més sensible als fenòmens físics, sobretot a la lixiviació, que afectarà en gran mesura el contingut de Mg i K.

Per altra part, la concentració inicial de nutrients depèn del diàmetre de la branca; així, com més prima sigui la fusta, més rica és en nutrients. De resultes d'això, la fusta més prima podrà suportar una major biomassa de descomponedors i, per tant, presentarà una major taxa de pèrdua de nutrients (Swift 1977a). Aquesta major pèrdua afectarà sobretot el P, tant per la seva baixa concentració a la fusta com per la forta demanda per part dels descomponedors.

El nitrogen i el calci es veuen molt poc afectats per la lixiviació; la poca demanda del calci (en certes fases fins i tot n'augmenta el contingut) i les fonts suplementàries de nitrogen, fan que aquests dos elements mantinguin força

elevats els seus nivells davant d'una invasió de descomponedors. Tot això, fa que els continguts de N i Ca no estiguin tant influïts pel diàmetre de la fusta com ho són els de P, Mg i K (relació no significativa entre la interacció edat-diàmetre i el contingut de Ca i N).

Les corbes de pèrdua de P, Mg i K presenten una forma d'exponencial negativa, és a dir, a mida que va disminuint la concentració de l'element, la taxa de pèrdua va decreixent. A la Figura 4 és representada la dinàmica del contingut de P segons el diàmetre de la fusta. Els continguts de Mg i K tenen un comportament gairebé igual. Aquesta dinàmica, fa que en un estat avançat de descomposició, al voltant dels 9 anys, el contingut de nutrients, que al començament el procés era molt diferent, sigui molt semblant a totes les classes de diàmetre. A partir d'aquest punt, els continguts no experimenten grans canvis i, segons sembla, ens trobem en un equilibri entre les entrades i sortides d'aquests nutrients. Això pot ser degut, en gran part, al reciclatge de nutrients a les zones senescents dels micelis fúngics, que seria una manera de mantenir l'activitat amb baixos nivells de nutrients. Els hàbits de coprofàgia d'alguns invertebrats seria un mecanisme amb aquesta mateixa finalitat (Swift 1977b).

Així, amb aquest equilibri entre entrades i sortides, es podria mantenir una comunitat relativament estable; tanmateix, aquest equilibri es trenca molt aviat, ja que la fusta presenta una estructura molt deteriorada que té poca continuïtat en el temps.

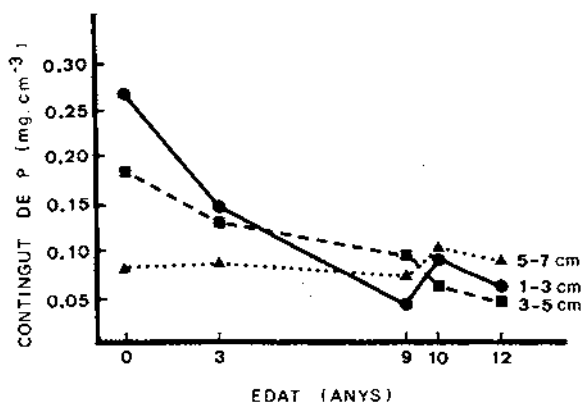


Figura 4. Variació del contingut de fòsfor de les branques de faig al llarg de la descomposició, segons el seu diàmetre.

*Importància quantitativa de les restes de tala*

Hem cregut interessant d'avaluar l'aportació de nutrients que representa per l'ecosistema el fet de deixar al sotabosc les branques producte d'una tala. Donat que no disposàvem de dades de biomassa de branques que resten al bosc després d'una tala, hem intentat d'avaluar-la a partir del diàmetre de les soques dels arbres tallats.

Per fer aquesta estima vam mesurar el diàmetre de les soques en tres parcel·les de 625 m<sup>2</sup> cadascuna. Paral·lelament, vam mesurar el diàmetre de soca i el diàmetre normal (diàmetre del tronc mesurat a 1.30 m d'alçada) de 60 arbres vius d'aquestes mateixes parcel·les; amb aquesta regressió vam estimar el diàmetre normal dels arbres tallats.

Aplicant aquests diàmetres normals a les equacions al·lomètriques trobades per Duvigneaud (1971) hem estimat que resten al bosc 30 t ha<sup>-1</sup> de branques menors de 15 cm de diàmetre. Aplicant a aquestes 30 t ha<sup>-1</sup> el contingut de nutrients obtingut per anàlisi, trobem que això representa una aportació de 61.5 kg ha<sup>-1</sup> de N, 8.67 de P, 29.9 de K, 25.1 de Ca i 10.1 de Mg.

Amb les dades corresponents a les anàlisis de les mostres de 12 anys, trobem que durant aquests 12 primers anys hi ha hagut un alliberament al sòl de 20.0 kg ha<sup>-1</sup> de N, 5.70 de P, 25.1 de K, 3.44 de Ca i 6.49 de Mg. Lògicament, aquestes aportacions al sol es troben tant en forma de matèria particulada, exportada amb organismes descomponedors emergents, com mineralitzada.

Considerant que el cicle de tala és d'uns 30 anys, si dividim els aportats que es produeixen en una tala per 30, obtindrem una estima anual d'aport de nutrients (kg ha<sup>-1</sup> any<sup>-1</sup>). Aquesta aportació per tala és de l'ordre del doble que el corresponent a caiguda natural de branques i branquillons, i representa un important enriquiment del sistema, principalment en N i P. (Taula 5).

Taula 5. Aportació de matèria orgànica i nutrients amb la caiguda de branquillons, branques, virosta, i amb les branques de restes de tala a les fagedes del Montseny. En kg ha<sup>-1</sup> any<sup>-1</sup>.

	Mat. org.	N	P	K	Ca	Mg
Branquillons <sup>a</sup>	325	1.33	0.08	0.37	2.21	0.09
Branques <sup>b</sup>	54	0.54	0.02	0.12	0.90	0.05
Virosta total <sup>c</sup>	4300	25.3	1.78	22.6	38.0	4.47
Restes de tala <sup>d</sup>	1000	2.05	0.29	1.00	0.84	0.34

<sup>a,b,c</sup> Verdú (1984).

<sup>a</sup> Fins a 1 cm de diàmetre.

<sup>b</sup> Més d'1 cm de diàmetre.

<sup>d</sup> D'1 a 15 cm de diàmetre. Aquest estudi.

Segons estudis previs (Ferrés et al. 1984, Verdú et al. 1985) les fagedes del Montseny utilitzen amb gran eficiència el N i el P, la qual cosa fa pensar que la disponibilitat d'ambdós elements és baixa en aquestes fagedes. Tenint en compte el baix risc d'incendi que presenten les fagedes, podria ser convenient deixar les restes de tala al bosc.

#### Agraïments

Aquest estudi ha estat finançat pel Servei de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona. Agraïco al Sr. Emili Garolera el seu ajut per datar les tals i les facilitats per treballar a les seves finques. Agraïco també al Dr. Lluís Ferrés la direcció del treball i al Dr. Ferran Rodà els suggeriments fets al manuscrit.

#### Bibliografia

- Allen, S.E., Grimshaw, H.M., Parkinson, J.A. & Quarmby, C. 1974. Chemical Analysis of Ecological Materials. Blackwell. Oxford.
- Bolós, O. de. 1983. La Vegetació del Montseny. Diputació de Barcelona. Servei de Parcs Naturals. Barcelona.
- Bremner, J.M. 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldhal method. J. Agric. Sci. 55:11-33.
- Christensen, O. 1984. The states of decay of wood litter determined by relative density. Oikos 42:211-219.
- Duvigneaud, P., Deneayer, S., Ambroes, P. & Timperman, J. 1971. Recherches sur l'écosystème forêt. Memoire n.º 164 de l'Ins. Royal des Sci. Nat. de Belgique. Bruxelles.
- Fager, E.W. 1968. The community of invertebrates in decaying oak wood. J. Anim. Ecol. 37:121-142.
- Ferrés, L., Rodà, F., Verdú, A.M.C. & Terradas, J. 1984. Circulación de nutrientes en algunos ecosistemas forestales del Montseny (Barcelona). Mediterránea. Ser. Biol. 7:139-166.
- Franch, J. 1985. Estudio del proceso de descomposición de tocones de *Pinus sylvestris* en el bosque de San Juan de la Peña, Jaca (Huesca). Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.
- Grier, C.C. 1978. A *Tsuga heterophylla*-*Picea sitchensis* ecosystem of coastal Oregon: decomposition and nutrient balances of fallen logs. Can. J. For. Res. 8:198-206.
- Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, K. & Cummins, K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Adv. Ecol. Res. 15:133-302.
- Mattson, K.G., Swank, W.T. & Waide, J.B. 1987. Decomposition of woody debris in a regenerating, clear-cut forest in the Southern Appalachians. Can. J. For. Res. 17:712-721.
- Miller, W.E. 1983. Decomposition rates of aspen bole and branch litter. For. Sci. 29:351-356.
- Swift, M.J., Healey, I.N., Hibberd, J.K., Sykes, J.M., Bampoe, V. & Nesbitt, M.E. 1976. The decomposition of branch-wood in the canopy and floor of a mixed deciduous woodland. Oecologia 26:139-149.

- Swift, M.J. 1977a. The ecology of wood decomposition. Sci. Prog. Oxf. 64:175-199.
- Swift, M.J. 1977b. The roles of fungi and animals in the immobilisation and release of nutrient elements from decomposing branch-wood. Ecol. Bull. (Stockholm) 25:193-202.
- Verdú, A.M.C. 1984. Circulació de nutrients en tres ecosistemes forestals. Caiguda de virosta i descomposició de la fullaraca. Tesi doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Verdú, A.M.C., Riba, M. & Rodà, F. 1985. Retranslocament de nutrients en fulles senescents de faig (*Fagus sylvatica* L.). Orsis 1:91-100.

*Manuscrit rebut el juliol de 1987.*